

Aus dem Institut für Fleischhygiene und Schlachthofkunde
der Veterinärmedizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. Günther Bergmann

" Ein Beitrag zur Desinfektion von Schlachthofabwasser "

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bernhard Rehbein
Tierarzt aus Leipzig

Berlin 1967
Journal-Nr 584

Aus dem Institut für Fleischhygiene und Schlachthofkunde
der Veterinärmedizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin

Direktor: Prof. Dr. Günther Bergmann

" Ein Beitrag zur Desinfektion von Schlachthofabwasser "

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Veterinärmedizin
an der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bernhard Rehbein
Tierarzt aus Leipzig

Berlin 1967
Journal-Nr 584

Gedruckt mit Genehmigung
der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin



Dekan:	Prof. Dr. G. Bergmann
Referent:	Prof. Dr. G. Bergmann
Korreferent:	Prof. Dr. H. Hartwig

Tag der Promotion: 11. Juli 1967

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Einleitung	1
I. Der hygienische Zustand des Schlachthofabwassers und die Wirksamkeit der Abwasserklärung auf die Bakterien	3
II. Möglichkeiten und Methoden zur Desinfektion von Abwässern	7
1. Hitzesterilisation	7
2. Chemische Desinfektion	9
3. Chlordesinfektion von Abwässern	11
III. Eigene Untersuchungen	
1. Das Untersuchungsverfahren	14
a) Beschaffenheit des Abwassers	14
b) Prüfung der Chlorwirkung auf den allgemeinen Keimgehalt	14
c) Prüfung der Chlorwirkung auf Salmonellen, Brucellen, Rotlaufbakterien und Listerien	16
d) Bestimmung des Restchlorgehaltes	17
2. Untersuchungsergebnisse	17
IV. Besprechung der Ergebnisse	21
V. Gedanken zum Bau und Betrieb einer Desinfektionsanlage und der Versuch einer Kostenberechnung für die chemische Abwasserdesinfektion	25
VI. Zusammenfassung	28
Tabellen 1 bis 7	30
Literaturverzeichnis	37



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Einleitung

Die Zunahme der Bevölkerungsdichte in den Ballungszentren der Industriegebiete und die Entwicklung der Wirtschaft führen in der Versorgung mit einwandfreiem Wasser zu großen Schwierigkeiten. Die örtlichen Grundwasservorräte reichen oft nicht mehr aus, um den Bedarf an Trink- und Gebrauchswasser zu decken. Daher muß Oberflächenwasser aus Flüssen, Seen und Stauseen vermehrt zur Wasserversorgung herangezogen werden. Das Trinkwasser wird teilweise bereits über weite Strecken an die Städte herangeführt.

Die Abwässer, die aus der Industrie, den Haushaltungen und aus den öffentlichen Versorgungsbetrieben in die Oberflächengewässer fließen, sind stark verschmutzt und vielfach auch mit infektiösen Stoffen verseucht. Sie stellen daher in zunehmendem Maße eine ernste Gefahr für die Gesundheit von Mensch und Tier dar.

In den Satzungen der Städte und Gemeinden sind die Entwässerung und der Anschluß an die örtlichen Abwasseranlagen festgelegt. Für den Bund und die einzelnen Bundesländer ergab sich zudem die Notwendigkeit, durch Gesetze und Verordnungen zum Schutze des Wassers regelnd einzugreifen. Es soll erreicht werden, daß die biologische, chemische und physikalische Beschaffenheit der Gewässer nicht soweit geschädigt wird, daß eine Rückgewinnung zu Trink- und Gebrauchswasser unmöglich wird. Aus diesem Grunde ist die Abwasserbeseitigung als ein Problem anzusehen, das mit dem Gewässerschutz in enger Verbindung steht.

Zur Reinerhaltung der Fließgewässer trägt die Klärung des Abwassers vor seiner Einleitung in den Vorfluter bei. Durch den Klärprozeß sollen die festen, flüssigen und gelösten Sink-, Schwimm- und Schwebestoffe einschließlich der Bakterien, Parasiteneier und Parasitenlarven aus dem Abwasser entfernt werden.

Die Schlachthöfe sind in diesem Zusammenhang durch das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes vom 27. Juli 1957 (64), durch das Bundesseuchengesetz vom 18. Juli 1961 (65) und das Viehseuchengesetz vom 26. Juni 1909 (67) an gesetzliche Bestimmungen gebunden. Sie können daher jederzeit zur Desinfektion ihrer Abwässer, die mit einem erheblichen Kostenaufwand verbunden ist, herangezogen werden. Da sich die Schlachthöfe aber durch ihr Gebührenaufkommen selbst erhalten müssen, werden sie diese finanziellen Belastungen in der Mehrzahl kaum allein tragen können, ohne zugleich die Schlachthofgebühren auf ein wirtschaftlich nicht vertretbares Maß anheben zu müssen. Die Länder oder Gemeinden müßten deshalb durch Schaffung von Abwasserreinigungsanlagen dazu beitragen, daß sämtliche Abwässer einer Gemeinde zentral in einen hygienisch einwandfreien Zustand versetzt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland sind 227 öffentliche Schlachthäuser und mehrere Tausend privater Schlachthäuser in Betrieb. Sie leiten ihre Abwässer nach den Angaben von LIEBMANN (22) in Gemeinden mit mehr als 10.000 Einwohnern im allgemeinen über die städtische Kanalisation in die Kläranlage, während die Schlachthäuser in Gemeinden unter 10.000 Einwohnern, wie beispielsweise viele Versandschlachthäuser, ihre Abwässer direkt in die Vorfluter ablaufen lassen.

Herr Professor Dr. G. Bergmann übertrug mir die Aufgabe, die Möglichkeiten einer Desinfektion von Schlachthofabwässern zu überprüfen und Untersuchungen über ein wirtschaftlich tragbares Verfahren durchzuführen.

I. Der hygienische Zustand des Schlachthofabwassers und die Wirksamkeit der Abwasserklärung auf die Bakterien

Das Abwasser, das den Schlachthof verläßt, setzt sich aus den Zuflüssen der einzelnen Schlachthallen, der Kuttelei, des Konfiskatraumes, der Häutelager, der Stallungen und der Wagenwaschanlage sowie der Sozialräume und der sanitären Anlagen zusammen. Es erscheint in diesem Zusammenhang bedeutsam, darauf hinzuweisen, daß sich in den Abflüssen der sanitären Anlagen auch menschliche Ausscheidungen befinden, die nicht nur vom Schlachthofpersonal stammen, welches zu regelmäßigen Gesundheitsuntersuchungen veranlaßt wird, sondern auch von Personen, die dieser Untersuchungspflicht nicht unterliegen.

Das Schlachthofabwasser ist reich an eiweißhaltigen Bestandteilen, wie Blut, Fleisch- und Schleimhautteilchen und enthält Fett, Darmreste, Magen- und Darminhalt und Harn. Die Gesamtheit dieser Verunreinigungen bildet ein Milieu, in dem viele der vorhandenen Bakterien günstige Wachstumsbedingungen finden und sich bei geeigneten Temperaturen auch unterschiedlich stark vermehren können. Nach den Angaben von SCHAAAL (42) ist die Vegetationsfähigkeit von Bakterien in einem wäßrigen Milieu abhängig von ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen, von dem Eiweiß- und Sauerstoffgehalt und der Temperatur. Die Eiweißteilchen spielen deshalb eine besondere Rolle, weil in sie eingedrungene Bakterien wie mit einer Schutzhülle umgeben werden und gegen schädigende Einflüsse weitgehend geschützt sind (WAGEMANN und SCHAAAL 58, WEBER 60, MEYN 25).

Das Blut, das in bestimmten Phasen des Schlachthofbetriebes reichlich anfällt und dann auch im Abwasser in hoher Konzentration vorliegt, bindet außerdem in sehr starkem Maße Sauerstoff und entzieht ihn dem Wasser und damit auch den davon im Vorfluter lebenden Fischen und Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen, wie Bakterien, Protozoen und niedere Pilze sind für die biologische Reinigung unerlässlich. Sie bauen die organischen Abwasserbestandteile durch Oxydation ab, bedürfen dabei aber zu ihrer Entwicklung des Sauerstoffs. Wird dieser

biochemische Sauerstoffbedarf (BSB) durch Mangel an Sauerstoff nicht gedeckt, so erfolgt der Abbau nur noch unvollständig oder überhaupt nicht mehr, und es kommt zur Fäulnis, die von einem Absterben jeglichen tierischen und pflanzlichen Lebens im Wasser begleitet wird. Die Fließgewässer können dann schließlich zu toten, stinkenden Tümpeln werden (STRAUCH 50).

SCHAAL (40) sowie WAGEMANN und SCHAAL (58) halten die Schlachthöfe für Reservoirs von Krankheitserregern, ja geradezu für Brennpunkte der Seuchengefahr. Durch die Zusammenballung von Schlachttieren aus den verschiedensten Gegenden und durch die bei der Schlachtung von akut, chronisch oder seuchenhaft infizierten Tieren abfließenden Abwässer kommt es zu einer Ausschüttung von Infektionserregern in die Kanalisation.

Über das Vorhandensein von Infektionserregern in Schlachthofabwässern, insbesondere von Salmonellen, die der pathogenen Bedeutung wegen häufig als Maßstab für die Infektiosität eines Abwassers angesehen werden, ist von zahlreichen Autoren berichtet worden.

So fand STEINIGER (48) an den Stellen eines Hafenwassers, an denen die Schlachthofabwässer einfließen, in großer Zahl Salmonellen. Er nimmt an, daß die eiweißartigen Inhaltsstoffe, die an der Einmündung des Abwassers noch in hoher Konzentration vorliegen, den Erregern besonders günstige Vermehrungsbedingungen bieten.

Weiter isolierten HAHNFELDT (15) aus 400 Abwasserproben in Lübeck 2,5 %, DRAWER (8) in Mühlheim aus 132 Proben 3,03 %, OBERHAUSER (29) in Memmingen aus 80 Proben 3,75 %, WÜLFING (62) in Koblenz aus 250 Proben 5,16 % und POLLACH (31) in Wien aus 200 Proben 11 % Salmonellen. VALETTE (53) gelang in Genf der Nachweis aus 17 Proben zu 29,4 % und BERGMANN und GÖTZE (4) in Berlin aus 120 Proben zu 30 %. SCHAAL (38, 39, 40) konnte in Duisburg sogar zu 70 bis 92 % Salmonellen aus Abwasserproben züchten. Auch isolierte er aus 28 % Tuberkulosebakterien, aus 20 % Rotlauf- und aus 13 % Corynebakterien und fand in 10 % aller Proben pathogene Anaerobier.

Bei einem Vergleich der Salmonellabefunde im Abwasser mit dem Ergebnis der im gleichen Zeitraum durchgeführten bakteriologischen Fleischuntersuchungen kamen BERGMANN und GÖTZE (4) zu

dem Schluß, daß die Verseuchung der Schlachthofabwässer mit Salmonellen häufiger vorliegt, als dies aus den Befunden der bakteriologischen Fleischuntersuchung von Schlachttieren zu erwarten war. Die Vermutung, daß klinisch gesunde aber Salmonellen ausscheidende Schlachttiere mit für den Infektionsgrad des Abwassers verantwortlich gemacht werden können, konnte durch die Untersuchungen von Kot und Mesenteriallymphknoten gesunder Schlachtschweine bestätigt werden. Hierbei fanden SOER (47), ADAMY (1), HADLOK (13, 14), FLIR (10) sowie GÖTZE und RETZLAFF (11) von 2837 untersuchten Tieren 1,23 % infiziert. Bei anderen Schlachttieren wurden Untersuchungen nicht in gleichem Maße durchgeführt. Daß aber auch diese als potentielle Infektionsquelle angesehen werden können, zeigen die Ergebnisse von GUINEE, KAMPELMACHER, v.KEULEN und HOFSTRA (12), die bei 2185 gesund erscheinenden Schlachtkälbern 290 mal aus einem oder aus mehreren Organen Salmonellabakterien isolierten.

Die Schlachttier- und Fleischschau kann infolge des Fehlens von krankhaften Veränderungen bei latent infizierten Schlachttieren (Bakterienausscheidern) keine ausreichende Gewähr für den wirklichen Infektionszustand geben. Es müssen daher auch die Schlachthofabwässer von den bei der Schlachtung klinisch und pathologisch-anatomisch gesund erscheinenden Tieren als infektiös und hygienisch bedenklich angesehen werden. Da auch bei einer Zusammenfassung der positiven Ergebnisse aus der bakteriologischen Fleischuntersuchung mit denen der "gesunden" Ausscheider nicht die höheren Abwasserwerte erreicht werden, kann angenommen werden, daß sich im Abwasserskanalsystem in den an einzelnen Stellen haften gebliebenen Gewebeteilchen Erregernester gebildet haben, von denen die Bakterien in unregelmäßigen zeitlichen Abständen von dem vorbeifließenden Abwasser abgeschwemmt werden. Nach SCHAAL (42) sedimentieren die im Abwasser enthaltenen Eiweißfetzen an strömungsfreien Stellen des Kanalsystems und bilden somit Brutstätten für Salmonellen. Von diesen Brutstätten aus können die Salmonellen längere Zeit abgeschwemmt werden. Auf eine weitere potentielle Quelle durch nicht bekannte menschliche Ausscheider wurde bereits hingewiesen.

Über die Frage, welchen Einfluß die Klärung der Gesamtabwässer auf deren bakteriellen Status ausübt und ob sie ausreicht, um das Abwasser danach unbedenklich in den Vorfluter leiten zu können, liegen Untersuchungsergebnisse mit unterschiedlichen Befunden vor.

Nach ROSSBERG (36) werden durch die mechanische Abwasserreinigung 50 % und durch die biologische Reinigung 90 - 95 % der Keime aus dem Abwasser entfernt. Der Rest wird durch einen vollwirksamen Vorfluter vernichtet. In eingehenden Untersuchungen stellte MÜLLER (26, 27) fest, daß weder durch die mechanischen und biologischen Klärprozesse noch durch die biologische Selbstreinigung eine ausreichende Keimvernichtung gewährleistet wird. In den mechanischen Absetzbecken und bei den aeroben biologischen Verfahren tritt zwar eine gewisse Keimminderung ein, trotzdem bleibt aber nach v. AMMON (2) die Infektionsgefahr über den Vorfluter bestehen. Auch SCHAAL (40) bezweifelt, daß die Bakterien wegen ihrer Größe und ihres Molekulargewichtes in ausreichendem Maße bei der mechanischen Reinigung erfaßt werden. Selbst nach der biologischen Klärung konnte er noch pathogene Keime im Abwasser nachweisen.

Nach den Abwasseruntersuchungen von SCHMIDT und LENK (44) kann durch die mechanische und biologische Reinigung der Abwässer ein Eintreten von Salmonellen in den Vorfluter nicht verhindert werden. MEYN (25) sieht den Verseuchungsgrad der Vorfluter geradezu als eine Bestätigung für die unzureichende Abtötung von Seuchenerregern in den Abwasserreinigungsanlagen an.

Von WAGEMANN (56), RASENACK und HORNUNG (34), LIEBMANN (22), SCHRAML (45) sowie auch in den Richtlinien der Abwassertechnischen Vereinigung (60) wird eine Entseuchung nur des Abwassers aus dem Seuchenschlachthof für ausreichend angesehen. Zusätzlich verlangen DENNLER, PÜSCHNER und KRAUS (7) die Desinfektion der Abwässer aus Kutteler und Wagenwaschanlage, da auch in diesen Schlachthofabteilungen mit einem gehäuften Vorkommen von Seuchenerregern zu rechnen ist.

SCHAAL (41) ist der Ansicht, daß eine generelle Desinfektion des Schlachthofabwassers nur dann erforderlich und sinnvoll ist, wenn die natürlichen und künstlichen Reinigungskräfte der

Kläranlagen und Vorfluter zur Keimreduzierung nicht ausreichen oder wenn die Abwässer direkt auf Rieselfelder geleitet werden. Bei der Einleitung eines bereits desinfizierten Abwassers in das öffentliche Kanalsystem würde durch die Vermischung mit häuslichen verseuchten Abwässern der Desinfektionserfolg aufgehoben werden. Eine zentrale Desinfektion aller Abwässer in der Kläranlage im Anschluß an die mechanischen und biologischen Reinigungsvorgänge könnte zu einer ausreichenden hygienischen Beschaffenheit des Abwassers führen.

BERGMANN und GÖTZE (4) vertreten den Standpunkt, daß aus dem Schlachthof, als einem öffentlichen Hygienebetrieb, keine Streuung pathogener Keime über das Abwasser erfolgen sollte. Wenn es direkt oder verdünnt über die öffentliche Kanalisation unmittelbar in den Vorfluter oder auf Rieselfelder geleitet wird, so muß es vor dem Verlassen des Schlachthofes desinfiziert werden. Wird es aber, vermischt mit anderem Abwasser, über eine Kläranlage in den Vorfluter geleitet, so sollte es zusammen mit allen übrigen Abwässern nach der Klärung und vor der Einleitung in den Vorfluter zentral desinfiziert werden.

II. Möglichkeiten und Methoden zur Desinfektion von Abwässern

Zur Desinfektion von Schlachthofabwässern können die Hitzesterilisation und chemische Mittel eingesetzt werden.

1. Hitzesterilisation

Durch die Anwendung von hohen Temperaturen für eine bestimmte Zeitspanne kann ein absoluter Desinfektionseffekt erzielt werden. Nur in der Hitzesterilisation sieht EYER (9) die Möglichkeit zu einer vollständigen Abtötung sämtlicher Bakterien, Viren, Parasiten und Pilze und SCHRAML (45) hält die Erhitzung für das sicherste und idealste Mittel zur Unschädlichmachung der Schlachthofabwässer. Die Hitzeeinwirkung auf große Mengen Flüssigkeit, wie sie beim Schlachten anfallen, ist mit großem technischen und energetischen Aufwand verbunden.

Für die hygienisch einwandfreie, saubere Schlachtung sind bedeutende Mengen Wassers erforderlich, die dann als Abwasser wieder in Erscheinung treten. RASENACK und HORNUNG (34) geben nach Tierarten unterschieden folgenden Wasserbedarf für die Schlachtung an:

Rind 840 l, Schwein 480 l, Kalb, Schaf und Ziege je 180 l. WAGEMANN (57) rechnet mit einem Verbrauch von durchschnittlich 400 l pro Schlacht tier. THELOE (51) hält 2,5 m³ pro Tier für erforderlich, wobei diese Wassermenge je zur Hälfte für die Schlachtung und für das Kühlwasser gebraucht werden. WEBER (60) schließlich setzt den Bedarf mit 2 - 15 m³ je Tonne Lebendgewicht an. Er berücksichtigt dabei die Art der Betriebseinrichtungen, die Art und das Schlachtgewicht der zu schlachtenden Tiere und die Menge der abzuschwemmenden Abfälle, die beispielsweise bei Rinderschlachtungen infolge des größeren Magen- und Darminhalts wesentlich mehr anfallen als bei Schweine- und Kälberschlachtungen.

Nach eigenen Berechnungen am Rheydter Schlachthof liegt der Wasserverbrauch je Tonne Lebendgewicht unter Berücksichtigung des Verbrauchs in sämtlichen Betriebseinrichtungen einschließlich der Kühlung bei 5,0 m³.

Die insgesamt zum Teil recht stark differierenden Angaben sind darauf zurückzuführen, daß die einzelnen Autoren neben dem Bedarf für das eigentliche Schlachten andere Positionen, die sich aus dem Gebrauch der Kuttellei, der Kühl- und Gefrierräume, der Wagenwaschanlage usw. anteilmäßig ergeben, in unterschiedlichem Umfang berücksichtigen.

Auf den meisten Schlachthöfen ist eine kontinuierliche, auf alle Wochentage gleichmäßig verteilte Schlachtung aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Besonders auf kleinen Schlachthöfen wird überhaupt nur ein- oder zweimal wöchentlich geschlachtet. So kommt es an den Schlacht- bzw. an den einzelnen Hauptschlachttagen immer zu Ballungen infolge hoher Schlachtzahlen und zu einem entsprechend großen Abwasseranfall. Die Auffang- und Desinfektionsbehälter für das Abwasser müssen sich in ihrer Größe und Leistungsfähigkeit

aber nach dem größtmöglichen Anfall richten. Es muß also eine Kapazität vorgehalten werden, die diesen maximalen Anfall aufnehmen und bearbeiten kann. Daraus ergibt sich eine relative und unwirtschaftliche Überkapazität. Abgesehen davon ist die Art des anzuwendenden technischen Materials von den Eigenschaften der zu desinfizierenden Stoffe abhängig. Die Schlachthofabwässer sind durch ihren Gehalt an Blut, Harn, Kot, Galle und verschiedenen Verdauungsfermenten korrosionsaktiv (METZGER 24). Dementsprechend müssen die Sterilisationskessel aus hochwertigem Edelstahl gefertigt werden.

Für die Aufheizung der Kessel und die Einwirkungsdauer auf das Füllgut müssen große Energieleistungen aufgewendet werden. Nach METZGER (24) sollen die Kessel eine Stunde lang bei 96°C gehalten werden, während SCHULZ (46) eine Erhitzung auf 110°C für die Dauer von 10 Minuten für ausreichend hält.

Die Investitions- und Betriebskosten für die thermische Sterilisation von Schlachthofabwässern sind bei Berücksichtigung aller oben aufgeführten Faktoren sehr hoch. Allein die Betriebskosten für die Erhitzung des bei der Schlachtung eines Rindes anfallenden Abwassers betragen nach METZGER (24) soviel, wie die Schlachtung selbst. Die Desinfektion durch Abwassererhitzung würde nach THELOE (51) zu einer Verdoppelung der gesamten Betriebskosten eines Schlachthofes führen. Die unschädliche Beseitigung der Schlachthofabwässer durch Erhitzen allgemein zu fordern, wäre nach SCHRAML (45) zu weitgehend und zu kostspielig.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt kann daher eine Desinfektion von Schlachthofabwasser durch Hitze bei der augenblicklichen strukturellen und finanziellen Lage der öffentlichen Schlachthöfe nicht vertreten werden.

2. Chemische Desinfektion

Die meisten gebräuchlichen Desinfektionsmittel sind für die Entkeimung von Geräten, Wänden und Fußböden in geschlossenen Räumen und von kleineren Mengen organischen Materials ent-

wickelt worden. Sie eignen sich nur bedingt für die Abwasserdesinfektion. Die Beschaffenheit der Abwässer stellt an das Wirkungsvermögen eines Desinfektionsmittels ganz bestimmte Forderungen.

In den großen Mengen des Abwassers soll sich das Desinfektionsmittel ohne Schwierigkeiten lösen und gleichmäßig verteilen können. Zugleich mit einer guten Benetzungsfähigkeit soll dadurch schnell ein inniger Kontakt mit dem zu desinfizierenden Material herbeigeführt und die erforderliche Einwirkungszeit möglichst kurz gehalten werden. Die Anwesenheit von organischen Stoffen, insbesondere von Eiweiß, hemmt die Desinfektionswirkung teils mechanisch, teilweise funktionell, indem das Desinfektionsmittel gebunden und so für den vorgesehenen Zweck unschädlich gemacht wird. Außer der Berücksichtigung dieses Eiweißfehlers müssen die Temperatur und der pH-Wert des Abwassers bei der Auswahl des Desinfektionsmittels berücksichtigt werden. Schließlich dürfen überschüssige Desinfektionsmittel und auch deren dissoziierte unverbrauchte Komponenten, die nach beendeter Desinfektion entweder mit dem Abwasser in die zentrale Klärung oder direkt in den Vorfluter gelangen, keinen schädigenden Einfluß auf die dort vorhandenen biologischen Systeme ausüben.

Bei Berücksichtigung aller dieser Forderungen wird die Auswahl der für die Abwasserdesinfektion anwendbaren Mittel sehr eingeschränkt.

Die organischen Desinfektionsmittel, wie Phenol, Kresol und deren Derivate sowie die quarternären Ammoniumverbindungen besitzen als Zellgifte eine gute desinfizierende Wirkung auf Bakterien. Sie haben aber nach LIEBMANN (22) größtenteils schon bei der erforderlichen Konzentration einen hemmenden und schädigenden Einfluß auf die biologischen Reinigungsprozesse in den Tropfkörpern, den Belebungsbecken und im Faulraum. Außerdem sind sie für die Tier- und Pflanzenwelt im Vorfluter gefährlich (TSCHÖNHENS 52) und für die Anwendung in großen Mengen auch zu teuer (ROOTS, HAUPT und HARTWIG 35 und v. AMMON 2).

Von den anorganischen Desinfektionsmitteln, die durch Oxydation, hydrolytische Spaltung und Ausfällung der Proteine ihre keimtötende Wirkung hervorrufen, ist das Chlor als besonders geeignet hervorzuheben (IMHOFF 20). Es kann als Chlorgas, wäßrige Chlorlösung, Chlordioxyd, Hypochlorit, Chloramin und Chlorkalk zur Abwasserdesinfektion verwendet werden.

Die Chlordesinfektionsmittel dissoziieren in wäßriger Lösung elektrolytisch. Dabei bildet sich nach der Formel: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl}$ aus Chlor und Wasser vorübergehend unterchlorige Säure. Diese zerfällt in Gegenwart oxydabler Substanzen in Salzsäure und naszierenden Sauerstoff ($2\text{HOCl} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{O}_2$), der nach HOLLUTA (18) im Zellinnern der Bakterien durch starke Oxydation zu einer Erhöhung des Zellstoffwechsels und schließlich zum Zelltod führt.

3. Chlordesinfektion von Abwässern

Die Untersuchungen mit Chlor, die IMHOFF (20), VIEHL (54), POPP (33) und HEICKEN (17) an städtischen Abwässern, v. AMMON (2) an Krankenhaus- und SCHAAL (41) an Schlachthofabwässern durchgeführt haben, zeigen, daß das Chlor auf Grund seiner guten bakteriziden Wirkung, seiner leichten Löslichkeit und Mischbarkeit, seiner genauen Dosierbarkeit und der Unschädlichkeit gegenüber den biologischen Reinigungsprozessen zur Abwasserdesinfektion geeignet ist. Es ist nach v. OSTERTAG, MOEGLE und BRAUN (30) geradezu das Mittel der Wahl, mit dem rohes oder gereinigtes Abwasser entkeimt werden kann.

Die bakterizide Wirkung auf den Abwasserkeimgehalt läuft in zwei Phasen ab. In der ersten von POPP (32, 33) als primärer Keimzahlsturz (PKS) bezeichnet, wird unmittelbar nach Zugabe des Desinfektionsmittels zum Abwasser durch das freie ungebundene Chlor über die unterchlorige Säure ein steiler Keimabfall bewirkt. In der anschließenden zweiten Phase läuft die weitere Keimzahlminderung durch Einwirkung von Chloraminen langsamer ab. Die Chloramine

entstehen durch die Verbindung von Chlor mit Stickstoffverbindungen im Abwasser, wenn nach dem PKS noch ein ausreichender Chlorüberschuß vorhanden ist. Das Chlor schädigt aber nicht nur das Protoplasma der Bakterien, sondern wird auch, da sich die Wirkung von chlorabspaltenden Desinfektionsmitteln auf alle organischen Substanzen erstreckt (ROOTS, HAUPT, HARTWIGK 35), von anderen Stoffen, wie Eiweiß und dessen Abbauprodukten, von Methylaminen und Aminosäuren gebunden (HEICKEN 17). Nach DEDIE (6) binden gelöste Eiweißstoffe das zugesetzte Chlor in ganz erheblichem Maße. Auch einige anorganische Bestandteile, wie Schwefelwasserstoff, Sulfide und Eisen gehen mit Chlor Reaktionen ein und machen es für die vorgesehene Desinfektion unwirksam (v. AMMON 2). Die durch diese Faktoren und die Bakterien bedingte Minderung des Chlorgehaltes wird als Chlorzehrung bezeichnet. Sie läßt sich aus der Differenz zwischen der zugesetzten Chlormenge und dem nach einer bestimmten Einwirkungszeit noch nachweisbaren Restchlorgehalt berechnen. Als Restchlor wird dabei diejenige Chlormenge bezeichnet, die nach einer bestimmten Einwirkungszeit noch als freies Chlor im Abwasser wirksam ist.

Die Höhe der Chlordosierung für eine Desinfektion richtet sich nach der Gesamtheit der im Abwasser vorhandenen chlorzehrenden Bestandteile. Da ihr Anteil schwankt, hält SCHAAL (41) es für erforderlich, daß nach beendeter Desinfektion noch ein Restchlorgehalt von 5 mg/l vorhanden ist, um die Gewähr dafür zu haben, daß alle chlorzehrenden Bestandteile, insbesondere die Bakterien, mit Chlor abgesättigt sind.

Um einen derartigen Chlorüberschuß zu erhalten, mußte POPP (32, 33) dem biologisch gereinigten Abwasser 8 - 10 mg Cl_2/l , dem mechanisch gereinigten 20 mg Cl_2/l und dem Rohabwasser 45 mg Cl_2/l zusetzen. Da er aber auch bei Chlorüberschüssen von nur 1-3 mg/l und sogar bei geringgradiger Unterdosierung zu einer Bakterienreduktion um 99 % gelangte, hält er die Forderung nach einem Chlorüberschuß von 5 mg/l nicht für gerechtfertigt. WYKOFF (63) konnte

99 % aller Bakterien im Abwasser bei einem Chlorüberschuß von nur 0,05 mg/l abtöten. Bei einer Erhöhung des Überschusses bis zu 6 mg/l war kein größerer Erfolg festzustellen.

VIEHL (54) vertritt die Ansicht, daß ein nur geringer Chlorüberschuß ausreicht, da die desinfizierende Wirkung durch die Chlorsubstitutionsprodukte weitgehend unterstützt wird. Selbst bei einer Unterdosierung von Chlor kann ein ausreichender Desinfektionseffekt eintreten. So erzielte BEARDLEY (3) in einem Abwasser, dessen Chlorbedarf nur zu 85 % gedeckt war, eine Keimabtötung von 99 %, und KEEFER (21) gelang der gleiche Erfolg, wenn der Chlorbedarf nur zu 40 % gedeckt war und die Einwirkungszeit 25 Minuten betrug. Er empfiehlt daher für eine gute Desinfektionswirkung eine Reaktionszeit von mindestens 30 Minuten. Außerdem würde durch diese Einwirkungszeit der Gehalt sowohl des freiwirksamen wie auch des gebundenwirksamen Chlors im Abwasser soweit verringert, daß einer Schädigung der Mikroorganismen im Vorfluter weitgehend vorgebeugt wird.

SCHAAL (41) überprüfte mit E.coli als Leitbakterium das Verhalten der Bakterien in verschieden stark verunreinigtem, nicht sedimentiertem Schlachthofabwasser. Dabei wirkten die verschiedenen Chlordosierungen 30 Minuten auf das Abwasser ein. Eine Keimabtötung von 99 % wurde je nach Verschmutzungsgrad mit Chlormengen von 10-30 mg Cl_2 /l erreicht, wobei ein ständiger Restchlorgehalt von 5 mg/l als Zeichen der Chlorabsättigung vorausgesetzt wurde.

Die desinfizierende Wirkung des Chlors auf die banale Abwasserflora erwies sich als sehr wirkungsvoll. Der Restkeimgehalt bestand vorwiegend aus aeroben Sporenbildnern, die der desinfizierenden Wirkung von Chlor gegenüber sehr widerstandsfähig sind.

III. Eigene Untersuchungen

1. Das Untersuchungsverfahren

Die Untersuchungen wurden von Juli 1966 bis Januar 1967 im Schlachthof von Köln durchgeführt. Das Gesamtabwasser, das seine Zuflüsse aus allen Abteilungen des Schlachthofes erhält, wurde während des Schlachtbetriebes zwischen 7 ¹⁵ und 15 ⁰⁰ aus dem Sammelkanal entnommen, nachdem es zuvor eine Zerkleinerungsmühle (Passavant) passiert hatte, in der sämtliche im Abwasser befindlichen größeren Bestandteile bis auf eine Korngröße von 0,8 mm zerrieben werden. Die Untersuchungen betrafen zunächst die Beurteilung der Beschaffenheit des Rohabwassers. Sodann wurden die Wirkung eines Chlordesinfektionsmittels auf den Abwasserkeimgehalt und schließlich auf bestimmte Erreger, die hitzesterilisierten Abwasserproben getrennt zugesetzt worden waren, überprüft.

a) Beschaffenheit des Abwassers

Unmittelbar nach der Entnahme wurde die Temperatur des Abwassers gemessen, der pH-Wert bestimmt und seine Farbe bewertet. Zur quantitativen und qualitativen Bestimmung der festen Bestandteile wurden 1.000 ml Abwasser filtriert und der Filtrerrückstand gewogen. Aus dem Rückstand wurden dann die einzelnen Bestandteile, wie Fett, Fleisch- und Schleimhautreste, Knochenteilchen, Tierhaare, Stroh, Sand und Kot isoliert und getrennt gewogen.

b) Prüfung der Chlorwirkung auf den allgemeinen Keimgehalt

Zur Feststellung des Gesamtkeimgehaltes wurden das Abwasser mit sterilem Wasser 1 : 100.000 verdünnt und 10 ml dieser Verdünnung mit der Membranfiltermethode untersucht. Hierzu wurden das Bakterien-Nachweisgerät Coli 5 (Fa. Sartorius Membranfilter G.m.b.H., Göttingen) und die Filterscheiben MF 50 mit Gitternetz benutzt. Nach dem Filtrieren wurden die Filterscheiben auf einen 1%igen Nähragar gelegt und 24 Stunden bei 37°C bebrütet. Um ein Schwärmen von Proteusbakterien zu verhindern, enthielt der Nähragar einen Zusatz von 1 ml einer 10%igen Chloralhydratlösung je 100 ml Agar (HALLMANN 16).

Die auf den Filterscheiben gewachsenen Kolonien wurden ausgezählt. Zur einfachen orientierenden Bestimmung der vorhandenen Keime wurde jede Filterscheibe mit 3 ml Nährbouillon abgeschwemmt und jeweils ein Tropfen dieser Bakteriensuspension auf eine Agarplatte und daran anschließend mit dem gleichen Spatel auf zwei weitere Agarplatten verdünnend ausgestrichen. Die restliche Suspension wurde mit 50 ml Kaliumtetrathionatbouillon nach Preuß angereichert, nach 24-stündiger Bebrütung bei 37°C auf Brillantgrün-Phenolrot-Laktose-Agar und Wasserblau-Metachromgelb-Laktose-Agar nach Gaßner überimpft und abermals 24 Stunden bebrütet.

Die auf den Agarplatten gewachsenen Kolonien wurden nur nach ihrer Morphologie und die Bakterien nach Beweglichkeit und Gramfärbung bestimmt. Auf den Selektivplatten wurde außerdem der Farbumschlag des Nährbodenindikators bewertet. Salmonellaverdächtige Kolonien wurden mit den beiden polyvalenten Salmonellasera I und II der Behringwerke, Marburg, probeagglutiniert und in positiven Fällen mit Faktorensera differenziert.

Für die Desinfektionsversuche wurde Natriumhypochlorit verwendet, das einen aktiven Chloranteil von 150 g/l enthält. Jeweils 500 ml Abwassers wurden mit steigenden Mengen von Natriumhypochlorit versetzt, so daß Konzentrationen von 10 bis 60 mg Cl_2/l vorlagen und gut durchgeschüttelt. Nach 30 Minuten wurde die Chloreinwirkung auf das Abwasser unterbrochen. Hierzu wurde 1 ml des gechlorten Abwassers mit einem Gemisch aus 100 ml sterilen Wassers und 5 ml $\text{N}^{\text{a}}/5.000$ Natriumthiosulfat auf 1 : 100 verdünnt und danach durch Membranfilterscheiben MF 50 abgesaugt. Die Filterscheiben wurden in gleicher Weise wie die des ungechlorten Abwassers bebrütet und ausgewertet.

Um die Abhängigkeit der Chlorwirkung von der Temperatur zu überprüfen, wurden 24 Abwasserproben sofort nach der Entnahme auf 5°C herabgeköhlt und Natriumhypochlorit in Mengen von 10 bis 60 mg Cl_2/l zugegeben. Während der Chloreinwirkung wurde das Abwasser bei 5°C gehalten. Die hierbei ermit-

telten Ergebnisse wurden denen gegenübergestellt, die bei einer Temperatur von 15°C festgestellt wurden.

c) Prüfung der Chlorwirkung auf Salmonellen,
Brucellen, Rotlaufbakterien und Listerien

In Modellversuchen wurde die Desinfektionswirkung von Natriumhypochlorit auf Salmonellen, Brucellen, Rotlaufbakterien und Listerien, die einem sterilisierten Abwasser zugesetzt worden waren, überprüft. Hierzu wurde das Abwasser zunächst an zwei aufeinanderfolgenden Tagen jeweils für eine halbe Stunde bei 112°C im Autoklaven erhitzt und anschließend die Sterilität durch Ausstriche auf Nähragar überprüft.

Die vier genannten Infektionserreger wurden auf Schrägagar geimpft, 24 Stunden bei 37°C bebrütet, anschließend mit 10 ml Nährbouillon abgeschwemmt und nochmals 24 Stunden bebrütet. Von der Bouillonkultur wurden jeweils 10 ml in je 500 ml sterilisierten Abwassers gegeben. Die auf diese Weise künstlich infizierten Abwasserproben wurden, um eine gleichmäßige Verteilung zu erreichen und den Bakterien eine Gewöhnung an das Abwasser zu ermöglichen, 24 Stunden lang bei Zimmertemperatur bebrütet und dabei zwischendurch mehrfach umgeschüttelt. Anschließend wurde der Keimgehalt festgestellt.

Den infizierten und inkubierten Abwasserproben wurden sodann steigende Mengen von Natriumhypochlorit hinzugefügt, so daß das Wasser schließlich wirksame Konzentrationen von 10 bis 120 mg Cl₂/l enthielt. Die Einwirkung des Desinfektionsmittels wurde in gleicher Weise, wie es bereits bei den Rohabwasserproben beschrieben wurde, nach 30 Minuten unterbrochen. Die Bestimmung der Desinfektionswirkung von Chlor auf die Erreger geschah durch Vergleich der Keimzahlen von ungechlorten mit verschiedenen stark gechlorten Proben.

Zur Bestimmung des Restkeimgehaltes wurden bei Salmonellen Brillantgrün-Phenolrot-Laktose-Agar und Wasserblau-Metachromgelb-Laktose-Agar verwendet, bei Brucellen Leberagar mit Viktoriablauszusatz und bei Rotlaufbakterien und Listerien

Dextroseagar und Dextroseblutagar.

d) Bestimmung des Restchlorgehaltes

Um die Menge an verbrauchtem Chlor zu ermitteln, wurde bei jedem Versuch der Restchlorgehalt nach einer Einwirkungszeit von 30 Minuten titrimetrisch bestimmt. Die Titration wurde in folgender Weise (SCHAAL 43) durchgeführt:

In einem Becherglas werden 30 ml einer 10%igen Kaliumjodidlösung mit 5 Tropfen Schwefelsäure angesäuert, mit 5 Tropfen einer 1%igen Stärkelösung als Indikator versetzt und bis zur Entfärbung $\frac{n}{5.000}$ Natriumthiosulfat hinzugefügt. Zu dieser Lösung werden dann 10 ml des gechlorten Abwassers gegeben, wobei eine Blaufärbung eintritt, die mit $\frac{n}{5.000}$ Natriumthiosulfat bis zur Entfärbung titriert wird. Die für die Titration des gechlorten Abwassers verbrauchte Menge an Natriumthiosulfat wird abgelesen. Da das Atomgewicht von Chlor 35,45 beträgt, entspricht 1 ml $\frac{1}{10}$ Natriumthiosulfat 3,54 mg Chlor. Der Gehalt an nicht verbrauchtem, freiem Chlor (Restchlor) wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{Restchlor mg/l} = \frac{\text{Verbrauch an Natriumthiosulfat} \times 3,54}{500}$$

2. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in Tabellen dargestellt.

Die Tabelle 1 gibt eine Gesamtübersicht über die einzelnen Befunde aus 92 Abwasserproben. Dabei wurden mit einer Ausnahme die aus jeweils zwei bis fünf Einzelproben errechneten Durchschnittswerte angegeben.

Das Abwasser war unterschiedlich stark getrübt, manchmal sogar milchig-trüb, und hatte eine schmutzig-graubräunliche bis rötliche Farbe. Seine Temperatur schwankte zwischen 10° und 21° C. Die unterschiedlichen Temperaturen ließen keine bestimmte Abhängigkeit von der Tageszeit erkennen. Die pH-Werte des Abwassers lagen im schwach alkalischen Bereich zwischen 7,3 und 7,7 und hatten durchschnittlich einen Wert von 7,5.

Das Gewicht der abgefilterten, festen Bestandteile betrug im Durchschnitt 4,6 g/l. Dabei wurden Schwankungen von 1,4 bis 12,0 g/l festgestellt. Der Feststoffanteil setzte sich im allgemeinen zusammen aus 56,9 % Kot, 12,8 % Stroh, 16,3 % Fleisch- und Schleimhautteilchen, 8,3 % Fett, 2,6 % Sand, 2 % Tierhaaren und 1,1 % Knochen. Die Verteilung der einzelnen Anteile im Abwasser war an den einzelnen Wochentagen ziemlich gleich. Das entspricht auch etwa dem Betriebsablauf im Schlachthof Köln, auf dem an allen Wochentagen gleichmäßig geschlachtet wird.

Der Gesamtkeimgehalt schwankte bei einem Mittelwert von 28×10^8 zwischen 71×10^7 und 94×10^8 Bakterien je ml Rohabwasser. Dabei wurden vorwiegend Mikrokokken, Coli- und Proteusbakterien sowie aerobe Sporenbildner ermittelt. Außerdem konnten in vier Abwasserproben (= 4,3 %) Salmonellen nachgewiesen werden. Die Typendifferenzierung ergab je einmal S.dublin und S.münchen und zweimal S.panama.

Die Einwirkung des Natriumhypochlorits auf das Rohabwasser in Konzentrationen von 10 bis 60 mg Cl_2 /l führte zu einem starken Rückgang in der Keimzahl. Nach einer Einwirkungszeit von 30 Minuten wurden Restkeimzahlen von 30×10^3 bis 19×10^5 , im Durchschnitt von 21×10^4 Bakterien je ml festgestellt. In der Hauptsache handelte es sich hierbei um aerobe Sporenbildner, vereinzelt kamen auch Colibakterien und Mikrokokken vor.

Die Restchlorwerte waren den zugesetzten Chlormengen proportional. Sie lagen dementsprechend zwischen 0,51 und 5,3 mg Cl_2 /l.

Aus dem Unterschied zwischen dem Keimgehalt des Rohabwassers und dem des gechlorten Abwassers kann der Desinfektionserfolg abgelesen werden. Die Keimzahl war nach einer Einwirkungszeit von 30 Minuten im allgemeinen um 99,97 bis 99,99 % zurückgegangen. Nur einmal waren es lediglich 99,77 %. Die Restkeimzahlen lagen mit dieser einen Ausnahme

stets unter 700.000 Keimen pro ml. Dabei ist bemerkenswert, daß bei gleichem prozentualen Abfall die absoluten Restkeimzahlen oft in keinem linearen Verhältnis zum Anfangskeimgehalt stehen. So steht beispielsweise bei gleichen Chlorzugaben von 40 mg/l trotz des gleichgroßen Keimrückgangs um 99,99 % einmal einem Anfangskeimgehalt von 16×10^8 eine Restkeimzahl von 21×10^4 gegenüber, während in einem anderen Falle mit dem höheren Anfangskeimgehalt von 26×10^8 der Restkeimgehalt 10×10^4 beträgt. Es kann angenommen werden, daß die Ursache für diese Erscheinung in dem unterschiedlichen Gehalt beider Abwässer an chlorresistenten Keimen liegt.

Bei den gewählten Chlordosierungen war ab 20 mg/l kein dem höheren Chlorgehalt entsprechender prozentual größerer Abfall der Keimzahlen zu beobachten.

Im Hinblick auf den Desinfektionserfolg erschien die Frage bedeutsam, welchen zehrenden Einfluß der Verschmutzungsgrad des Abwassers ausübt. Zum Vergleich wurden in der Tabelle 2 aus der Gesamtzahl der Proben diejenigen mit gleichem Chlorzusatz aber verschieden großem Feststoffanteil zusammengestellt. Hierbei wurde das Gewicht der abgefilterten Bestandteile als Maßstab für den Verschmutzungsgrad zugrunde gelegt. Die Gruppe I (schwach verschmutztes Abwasser) enthielt 1,4 bis 4 g, die Gruppe II (mittelgradig verschmutztes Abwasser) 4,1 bis 8 g und die Gruppe III (stark verschmutztes Abwasser) 8,1 bis 12 g pro Liter.

Es ist zu erkennen, daß bei schwach, mittelgradig und stark verschmutztem Abwasser ab 20 mg Chlorzugabe je Liter keine weitere Steigerung des Keimabfalls mehr erfolgt. Das Mehr an zugesetztem Chlor trat im Restchlorgehalt wieder in Erscheinung. Die Restchlorwerte stiegen in den einzelnen Gruppen mit der Menge des zugesetzten Natriumhypochlorits proportional an. Zur Erzielung des Desinfektionseffekts von 99,99 % war der Verbrauch an Chlor, wie sich aus dem Restchlorgehalt ergibt, bei stark verschmutztem Abwasser nicht höher als bei schwach verunreinigtem.

In der Tabelle 3 ist die Abhängigkeit der Desinfektionswirkung von der Temperatur dargestellt. Danach hatte die Temperatur des Abwassers kaum einen Einfluß auf den Desinfektionserfolg. Bei 5°C warmem Wasser war nur bei 10 mg Cl_2/l der Keimabfall deutlich geringer als in allen übrigen Fällen. Schon bei einer Chlorzugabe von 20 mg/l wurde trotz dieser niedrigen Temperatur der erreichbare Effekt von 99,99 % erzielt. Dagegen scheint die Chlorzehrung temperaturabhängig zu sein. Die Restchlorwerte waren bei gleicher Anfangsdosierung von Chlor im niederen Temperaturbereich von 5°C größer und die Chlorzehrung war somit geringer als in den höheren Bereichen. Daraus kann gefolgert werden, daß zur Erzielung des gleichen Desinfektionserfolges in wärmerem Wasser mehr Chlor verbraucht wird als in kälterem.

In den Tabellen 4, 5, 6 und 7 sind die Ergebnisse der Desinfektion von künstlich mit Salmonellen, Brucellen, Rotlaufbakterien und Listerien infiziertem sterilem Abwasser dargestellt. Das Abwasser wurde bewußt mit Bakterienmengen beimpft, die unter natürlichen Verhältnissen nicht angetroffen werden.

Die Befunde in der Tabelle 4 lassen erkennen, daß bei einem Chlorzusatz von 10 mg/l bis auf einen Fall, in dem auch nach der Desinfektion noch in der Verdünnung 10^{-4} ein dichter Rasen von Salmonellen wuchs, ein Keimabfall von 99,28 bis 99,84 % eingetreten war. Nach stärkerer Chlorung von 20 mg Cl_2/l betrug die Bakterienreduktion 99,91 bis 99,99 %, und bei 30 mg/l wurden 99,99 bis 100 % erzielt. Bei 40 mg Cl_2/l und höheren Chlorzugaben waren stets alle Erreger abgetötet.

Die Brucellen und Rotlaufbakterien erwiesen sich als sehr chlorempfindlich, s. Tabellen 5 und 6. Bereits bei der geringsten Chlorkonzentration von 10 mg/l waren trotz des hohen Inokulums nach 30 Minuten keine Erreger mehr nachzuweisen.

Die Listerien schienen dem Desinfektionsmittel nur wenig mehr Resistenz entgegenzusetzen, s. Tabelle 7. Mit Chlorzugaben von 10, 20 und 30 mg/l wurde nicht immer ein vollständiger Desinfektionseffekt erzielt, immerhin waren wenigstens 99,99 % der Erreger abgetötet. Bei 40 mg Cl_2 /l waren die Listerien in keinem Falle mehr nachzuweisen.

IV. Besprechung der Ergebnisse

Die Temperatur des Schlachthofabwassers von 10 bis 21°C und sein im schwach alkalischen Bereich liegender pH-Wert von durchschnittlich 7,5 entsprechen den Werten, die WEBER (60) bei seinen Untersuchungen am Schlachthof in Pforzheim ermittelte. Auch der Verschmutzungsgrad nach der Menge an abfiltrierbaren Bestandteilen gleicht mit den Grenzwerten von 1,4 und 12,0 g/l den Befunden von WEBER mit 1,3 bis 10,0 g/l. LÜSSEM (23) gibt 2 bis 7 g/l an. Berücksichtigt man dazu noch die Qualität der Verunreinigungen aus vorwiegend organischen, fäulnisfähigen Bestandteilen, so können daraus die günstigen Verhältnisse abgelesen werden, die das Schlachthofabwasser den darin vorhandenen Bakterien zur Entwicklung bietet.

Die Gesamtkeimzahlen des Rohabwassers standen in einem direkten Verhältnis zu den jeweils gemessenen Abwassertemperaturen. Sie lagen bei Temperaturen von 18 bis 21°C mit durchschnittlich 55×10^8 pro ml im allgemeinen höher als bei 15°C mit 20×10^8 und bei 13°C mit 13×10^8 . Bei Temperaturen von 18 bis 20°C können sich die Bakterien im Abwasser am besten vermehren (SCHAAL 42). Bei noch höheren Werten kommt es durch die Vielzahl und Vielfalt der anfallenden Stoffwechselprodukte zu einer Beeinträchtigung der Bakterienvermehrung.

Im Abwasser wurden vorwiegend Mikrokokken, Coli- und Proteusbakterien sowie aerobe Sporenbildner ermittelt. In vier von 92 Proben, d.h. in 4,3 %, gelang außerdem der Nachweis von Salmonellen. Diese Befunde liegen im unteren Bereich der Ergebnisse, die andere Autoren an verschiedenen Schlachthöfen fanden. Bemerkenswert war, daß in drei Fällen die Abwasser-

befunde mit den Ergebnissen der an den gleichen Tagen eingeleiteten bakteriologischen Fleischuntersuchungen übereinstimmen.

Für die Desinfektionsversuche mit Natriumhypochlorit, das einen aktiven Chloranteil von 15 % enthält, wurden die Dosierungen so gewählt, daß im Abwasser schließlich Chlorkonzentrationen von 10 bis 60 mg/l vorlagen. Hiermit konnte eine Verringerung der Keimzahlen um 99,77 bis 99,99 % erzielt werden. Eine absolute Keimfreiheit wurde nicht erreicht. Die relativ höchste Keimabtötung wurde bei einer Konzentration von 20 mg Cl_2 pro l festgestellt. Mit höheren Dosierungen bis zu 60 mg/l konnte keine größere Desinfektionswirkung erzielt werden. SCHAAL (41) ist der Ansicht, die sich mit den eigenen Befunden deckt, daß eine höhere Chlorzugabe keinen besseren Abtötungseffekt bewirkt, wenn der desinfizierende Chlorungspunkt einmal erreicht ist. Eine Keimzahlreduktion um 99,99 % kann bei Verwendung von Chlor als das erreichbare Maximum angesehen werden, da im Abwasser stets chlorresistente Bakterien, wie die Sporenbildner, vorkommen, die nicht vernichtet werden können.

Der Restkeimgehalt richtet sich nach dem quantitativen und qualitativen Keimgehalt des Rohabwassers. Bei einer Abtötungsrate von 99,77 bis 99,99 % wurden Restkeimzahlen von weniger als 700.000/ml festgestellt. Wenn bei gleichem Desinfektionserfolg die Restkeimzahlen nicht immer direkt proportional waren, so kann das mit durch den unterschiedlichen Gehalt an chlorresistenten Keimen erklärt werden. Von den nach der Chlorung ermittelten Bakterien gehörte der größte Teil zu den aeroben Sporenbildnern, insbesondere der Mesentericus-Subtilis-Gruppe. Nur vereinzelt wurden Colibakterien und Mikrokokken festgestellt, die im Rohabwasser in der Überzahl waren.

Die Chloreinwirkung wurde jeweils nach 30 Minuten unterbrochen und der Restchlorwert bestimmt. Die Restchlorwerte waren den zugesetzten Chlormengen proportional. Der Restchlorgehalt wird teilweise als Maßstab für den Desinfektionserfolg angesehen. So hält SCHAAL (41) einen Wert von 5 mg/l für

erforderlich, wenn die Desinfektion erfolgreich sein soll. Die eigenen Untersuchungen ergaben schon bei 0,26 mg/l eine Keimreduktion um 99,97 %, und bei 0,34 mg/l wurde mit 99,99 % das erreichbare Maximum erzielt. POPP (33) erreichte mit Restchlorwerten von 1 bis 3 mg Cl_2 /l einen wirkungsvollen Desinfektionseffekt, und WYKOFF (63) kommt zu einer Keimabtötung von 99 %, wobei es gleichgültig war, ob die Restchloranteile nur 0,05 mg oder 6 mg/l betrugen.

In Übereinstimmung mit POPP und WYKOFF wird daher angenommen, daß der Restchlorgehalt im Hinblick auf den Desinfektionserfolg gegenüber dem allgemeinen Keimgehalt nicht die Rolle spielt, wie sie SCHAAAL (41) annimmt.

Der Grad der Verschmutzung des Abwassers (schwach, mittelgradig und stark verschmutzt) hat nach den eigenen Befunden nicht den Einfluß auf die Chlorwirkung, wie er nach dem Vorhandensein von chlorzehrenden Bestandteilen angenommen werden kann. Ein Mehrzusatz von Chlor wurde in der Einwirkungszeit von 30 Minuten nicht allein durch die chlorzehrenden Teile aufgenommen, sondern trat in der Höhe des Restchlorgehalts wieder in Erscheinung. Es braucht daher im normalen Schlachthofabwasser der Verschmutzungsgrad nicht als Grundlage für die Chlordosierung festgestellt und berücksichtigt zu werden.

Auch nach den Angaben von POPP (32) unterscheiden sich die Rohabwässer im Hinblick auf die Desinfizierbarkeit nicht so wesentlich von mechanisch und biologisch gereinigtem Abwasser, wie es vielfach angenommen wird. Setzte er für die Chlorzehrung eines städtischen Rohabwassers bei einem Zusatz von 20 mg Cl_2 /l den Wert 100 ein, so war die Zehrung bei mechanisch geklärtem Abwasser mit 95 und bei von Tropfkörperabläufen entnommenem Wasser mit 87 nur wenig geringer. Selbst bei einer Unterdosierung von Chlor kann der primäre Keimzahlsturz durch die sekundäre Keimzahlabnahme wirkungsvoll ergänzt werden.

Die Temperatur hatte auf die Chlorwirkung nur einen geringen Einfluß. Während bei 5°C allein bei 10 mg Cl_2 /l ein verminderter Keimabfall beobachtet wurde, zeigte schon die Zugabe

von 20 mg Cl_2/l den maximal erreichbaren Keimabfall von 99,99 %.

Nach HOLLUTA, zit. bei v. AMMON (2), ist bei einem Temperaturrückgang von 20 auf 10°C eine 1,7 mal längere Einwirkungszeit erforderlich. Dieser zeitliche Faktor trat bei der generellen Einwirkungszeit von 30 Minuten nicht in Erscheinung.

Die Chlorzehrung dagegen erwies sich als temperaturabhängig. Bei jeweils gleicher Chlorzugabe waren die Restchlorwerte bei niederen Temperaturen stets größer als bei höheren. Bei einer Desinfektion unter höheren Temperaturgraden wird also bei gleichem Effekt mehr Chlor verbraucht. Diese Beobachtung machte auch EYER (9). Er fand die benötigte Chlormenge bei 20°C etwa doppelt so groß wie bei 10°C .

Bei den künstlich infizierten Abwasserproben wurden für die Inokulation Bakterienkonzentrationen benutzt, wie sie unter natürlichen Verhältnissen kaum angetroffen werden. So betrug beispielsweise die unmittelbar vor der Chlorzugabe festgestellte Bakteriendichte bei Salmonellen 12 bis 7430 Millionen pro ml. Unter natürlichen Verhältnissen fand STEINIGER (48) dagegen in einem Hafenwasser nach der Einleitung von Schlachthofabwässern nur 50 bis 100 Salmonellen pro ml. Trotz des hohen Anfangskeimgehaltes wurden die Brucellen und Rotlaufbakterien schon bei der niedrigsten Chlorzugabe von 10 mg/l vollständig abgetötet. Für die Salmonellen und Listerien mußten 40 mg Cl_2/l eingesetzt werden, um einen absoluten Desinfektionserfolg zu erzielen, eine Verminderung der Anfangskeimzahl um 99,99 % wurde aber schon bei 20 mg Cl_2/l festgestellt. In den vier Fällen, in denen im Rohabwasser Salmonellen gefunden worden waren, waren die Erreger nach der Desinfektion mit 20 mg Cl_2/l nicht mehr nachzuweisen.

Insgesamt kann aus den Befunden geschlossen werden, daß bei der chemischen Desinfektion von nicht geklärtem Schlachthofabwasser mit Natriumhypochlorit eine Chlorkonzentration von 20 mg/l genügt, um in einer Einwirkungszeit von 30 Minuten einen ausreichenden Keimrückgang um 99,99 % zu erreichen.

Bei dieser Dosierung scheinen der pH-Wert des Abwassers, seine Temperatur und der Grad der Verunreinigung keinen nennenswerten Einfluß auf das Desinfektionsergebnis zu haben.

V. Gedanken zum Bau und Betrieb einer Desinfektionsanlage und der Versuch einer Kostenberechnung für die chemische Abwasserdesinfektion

Die Kosten, die eine chemische Abwasserdesinfektion erfordert, setzen sich aus der einmaligen Finanzierung der Anlage und aus den laufenden Kosten für den Betrieb zusammen.

Die Anlagekosten ergeben sich aus den Grundstücks- und Baukosten einschließlich der funktionellen Elemente für die Desinfektion, die laufenden Betriebskosten aus den Personalkosten für die Bedienung und Instandhaltung der Anlage sowie aus dem Verbrauch an Desinfektionsmitteln.

Die Desinfektion müßte in geschlossenen Behältern durchgeführt werden. Das Material, aus welchem die Behälter hergestellt werden (Beton, Kunststoff oder Edelstahl) muß widerstandsfähig gegenüber den korrosionsaktiven Bestandteilen des Abwassers und gegenüber dem Desinfektionsmittel sein. Das Desinfektionsmittel kann dem Behälter an einer oder an mehreren Stellen unter Druck zugemischt werden, wobei durch ein zusätzliches Rührwerk dafür Sorge zu tragen ist, daß ein Absetzen leichterer oder schwererer Abwasserunreinigungen an der Oberfläche oder am Boden nicht eintreten kann und daß vor allem das Desinfektionsmittel gleichmäßig verteilt wird und überall mit dem zu desinfizierenden Gut unmittelbar in Berührung kommt.

Für eine kontinuierliche, reibungslose Arbeit erscheint eine dreiteilige Anlage sinnvoll. Jeder der drei Behälter müßte dabei separat mit einer Vorrichtung für das Auffangen des Rohabwassers, für das Desinfizieren und zum Ablassen des desinfizierten Abwassers versehen sein. Der Arbeitsablauf würde sich danach folgendermaßen gestalten: Während im ersten gefüllten und mit Desinfektionsmittel beschickten Behälter

der Desinfektionsvorgang abläuft, wird bereits das zweite Becken gefüllt und anschließend Desinfektionsmittel hinzugefügt. Danach wird, während das desinfizierte Füllgut des ersten Behälters abläuft, das dritte Becken beschickt. So fortlaufend beginnt, wenn das dritte Becken schließlich desinfiziert wird und der Inhalt des zweiten abläuft, erneut die Füllung des ersten Behälters.

Die Größe der Behälter ist abhängig von der Betriebsgröße und der maximalen Schlachtleistung eines Schlachthofes sowie vom Wasserverbrauch für die Schlachtung einer Großvieheinheit (GVE). Die Größe jedes einzelnen Behälters in m^3 Fassungsvermögen läßt sich unter der Voraussetzung, daß das Abwasser während der täglichen Betriebszeit gleichmäßig anfällt, aus der Tageshöchstschlachtzahl in GVE und dem Wasserverbrauch je GVE errechnen.

$$\frac{\text{GVE-Tageshöchstschlachtzahl} \times \text{Wasserverbrauch je GVE}}{3 \text{ (Behälter)}}$$

= Größe eines Beckens in m^3 .

Zur Sicherheit sind die Behälter mit einer Kapazitätsreserve von 10 % des Kubikmeterwertes anzulegen.

Für eine Großvieheinheit würden demnach unter Berücksichtigung eines Wasserverbrauchs von 1 m^3 je GVE ein Gesamtbedarf von $1 + 10 \% = 1,1 \text{ m}^3$ und damit je Behälter von $0,33 \text{ m}^3$ benötigt. Die Bau- und Anschaffungskosten solcher Behälter werden regional so unterschiedlich sein, daß an dieser Stelle keine wirklichen Werte angegeben werden können. Ebenso sind die Personalkosten wegen der örtlich verschiedenen Größe der Anlagen, dem davon abhängenden Personalbedarf und der verschiedenartigen Entlohnung pauschal nicht annähernd zu bestimmen. Dagegen lassen sich die Aufwendungen für das anzuwendende Desinfektionsmittel genau errechnen. Bei Verwendung von Natriumhypochlorit mit einem aktiven Chloranteil von 15 % ergeben sich unter Berücksichtigung des derzeitigen Preises von 20,-- DM je 100 kg je nach der Dosierung folgende Kosten:

Bei einer Dosierung von mg Cl_2 /l Abwasser	Verbrauch an Natriumhypochlorit /m ³ Abwasser	Kosten / m ³ Abwasser
10	67 ml	0,013 DM
20	134 ml	0,026 DM
30	201 ml	0,039 DM
40	268 ml	0,042 DM

Je nach der Dosierung von 10 bis 40 mg Cl_2 /l werden 1,3 bis 4,2 Pfg. je m³ Abwasser zu veranschlagen sein.

VI. Zusammenfassung

Für die Desinfektionsversuche stand ein Schlachthofabwasser zur Verfügung, das eine Temperatur von 10 bis 21°C und einen pH-Wert von durchschnittlich 7,5 besaß. Es war unterschiedlich stark getrübt und hatte eine schmutzigg-raubräunliche bis rötliche Farbe. Der Anteil an abfiltrierbaren festen Bestandteilen, die vorwiegend aus Kot, Stroh, Fleisch- und Schleimhautresten sowie Fett bestanden, lag zwischen 1,4 und 12,0 g/l.

Das Desinfektionsmittel Natriumhypochlorit wurde dem Abwasser in Dosierungen von 10 bis 60 mg Cl_2 /l zugesetzt. Unter der Voraussetzung, daß eine absolute Sterilisierung mit Chlor wegen des Gehaltes an chlorresistenten Bakterien im Abwasser nicht zu erzielen ist, wurde eine Keimzahlreduktion um 99,99 % als das erreichbare Maximum angesehen. Dieser Desinfektionseffekt wurde bei ungeklärtem Schlachthofabwasser mit einer Dosierung von 20 mg Cl_2 /l erreicht, wenn die Einwirkungszeit 30 Minuten betrug. Der Anfangskeimgehalt von durchschnittlich 28×10^8 Bakterien pro ml wurde hierbei auf durchschnittlich 21×10^4 Keime pro ml herabgedrückt. Im Rohabwasser wurden vorwiegend Mikrokokken, Coli- und Proteusbakterien sowie aerobe Sporenbildner isoliert, nach der Desinfektion dominierten die aeroben Sporenbildner, während Colibakterien und Mikrokokken nur noch vereinzelt vorhanden waren.

Für die künstliche Infektion eines zuvor sterilisierten Abwassers mit Salmonellen, Brucellen, Rotlaufbakterien und Listerien wurde trotz des konzentrierten Inokulums mit 20 mg Cl_2 /l der Desinfektionseffekt von 99,99 bis 100 % erzielt.

Der Verschmutzungsgrad des Abwassers sowie auch seine Temperatur, die für die Desinfektion zum Teil auf +5°C herabgesetzt wurde, hatten unter den gegebenen Versuchsbedingungen keinen nennenswerten Einfluß auf die Desinfektion. Allein die Chlorzehrung erwies sich als temperaturabhängig. Bei höherer Desinfektionstemperatur wurde unter

der Voraussetzung des gleichen Desinfektionseffektes mehr Chlor verbraucht als bei niedrigerer Temperatur. Aus der Höhe des Restchlorgehaltes konnte kein Hinweis auf den Desinfektionserfolg abgelesen werden. Mit Natriumhypochlorit kann also bei einer Dosierung von 20 mg Cl_2 /l in 30 Minuten ein ausreichender Desinfektionserfolg in ungeklärtem Schlachthofabwasser erzielt werden.

Über den Bau und Betrieb einer Anlage zur chemischen Desinfektion von Schlachthofabwasser wurden Überlegungen angestellt und die Anlage- und Betriebskosten, soweit konstante Größen vorlagen, berechnet.

Tabelle 2

Beziehungen zwischen Rohabwasser-Verschmutzung und Desinfektionseffekt

		Chlorkonzentration					
		10 mg/l	20 mg/l	30 mg/l	40 mg/l	50 mg/l	60 mg/l
<u>Gruppe I</u>							
schwach verschmutztes Abwasser							
Anfangskeimgehalt pro ml		20.10 ⁸	20.10 ⁸	17.10 ⁸	17.10 ⁸	14.10 ⁸	11.10 ⁸
Restkeimgehalt pro ml		38.10 ⁴	17.10 ⁴	18.10 ⁴	16.10 ⁴	12.10 ⁴	80.10 ³
Restchlorgehalt in mg/l		0,61	0,84	1,40	1,78	2,11	3,01
Keimabfall in %		99,97	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
<u>Gruppe II</u>							
mittelgradig verschmutztes Abwasser							
Anfangskeimgehalt pro ml		13.10 ⁸	13.10 ⁸	13.10 ⁸	14.10 ⁸	18.10 ⁸	14.10 ⁸
Restkeimgehalt pro ml		16.10 ⁴	10.10 ⁴	11.10 ⁴	12.10 ⁴	12.10 ⁴	90.10 ⁴
Restchlorgehalt in mg/l		1,36	1,69	2,12	2,17	2,69	2,73
Keimabfall in %		99,98	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
<u>Gruppe III</u>							
stark verschmutztes Abwasser							
Anfangskeimgehalt pro ml		27.10 ⁸	27.10 ⁸	34.10 ⁸	38.10 ⁸	47.10 ⁸	58.10 ⁸
Restkeimgehalt pro ml		25.10 ⁴	13.10 ⁴	11.10 ⁴	17.10 ⁴	10.10 ⁴	92.10 ³
Restchlorgehalt in mg/l		0,72	1,05	1,68	1,88	2,44	2,79
Keimabfall in %		99,97	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99

Tabelle 3

Beziehungen zwischen Abwassertemperatur und Chlorwirkung

Anzahl der Proben	Tempe- ratur in °C	Chlor- konzen- tration in mg/l	Anfangs- keimgeh. pro ml	Restkeim- gehalt pro ml	Rest- chlor- gehalt in mg/l	Keim- abfall in %
24	5	10	$15 \cdot 10^8$	$19 \cdot 10^5$	1,62	99,80
		20	$20 \cdot 10^8$	$92 \cdot 10^3$	1,97	99,99
		30	$15 \cdot 10^8$	$13 \cdot 10^4$	2,42	99,99
		40-60	$15 \cdot 10^8$	$84 \cdot 10^3$	3,55	99,99
68	15	10	$22 \cdot 10^8$	$22 \cdot 10^4$	0,65	99,98
		20	$22 \cdot 10^8$	$15 \cdot 10^4$	0,98	99,98
		30	$24 \cdot 10^8$	$14 \cdot 10^4$	1,56	99,99
		40	$25 \cdot 10^8$	$18 \cdot 10^4$	1,80	99,99
		50	$35 \cdot 10^8$	$12 \cdot 10^4$	2,40	99,99
		60	$34 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^4$	2,66	99,99

Tabelle 4

Ergebnisse der Chlordesinfektion in künstlich mit Salmonellen
infiziertem Abwasser

Tempe- ratur in °C	pH- Wert	feste Bestand- teile in g/l	Anfangs- keimgeh. pro ml	Chlor- konzentration in mg/l	Rest- chlor- gehalt in mg/l	Rest- keim- gehalt pro ml	Keim- abfall in %
18	7,3	7,5	21.10 ⁹	10	1,20	Rasen	-
18	7,3	2,5	17.10 ⁸	10	1,20	73.10 ⁴	99,28
18	7,6	6,8	29.10 ⁸	10	1,84	45.10 ⁴	99,84
20	7,6	10,4	65.10 ⁸	10	2,05	15.10 ⁴	99,76
10	7,4	4,1	82.10 ⁸	20	2,25	19.10 ⁴	99,97
5	7,6	1,5	52.10 ⁸	20	2,26	15.10 ⁴	99,91
18	7,3	7,5	21.10 ⁹	20	2,50	16.10 ⁴	99,99
19	7,3	1,5	49.10 ⁸	20	3,01	17.10 ⁴	99,91
19	7,3	12,1	10.10 ⁹	30	2,05	70.10 ³	99,99
18	7,3	7,5	21.10 ⁹	30	2,33	10.10 ³	99,99
18	7,4	10,1	99.10 ⁸	30	2,34	60.10 ³	99,99
20	7,6	12,9	65.10 ⁸	30	2,37	62.10 ³	99,99
18	7,7	2,0	12.10 ⁸	30	2,61	44.10 ³	99,99
16	7,5	6,2	32.10 ⁸	30	2,75	82.10 ³	99,99
18	7,3	2,5	71.10 ⁸	30	2,89	55.10 ³	99,99
20	7,6	8,3	68.10 ⁸	30	3,01	89.10 ³	99,99
18	7,6	9,4	97.10 ⁸	30	3,12	54.10 ³	99,99
18	7,5	1,9	86.10 ⁸	30	3,82	12.10 ⁴	99,99
18	7,7	7,3	73.10 ⁹	30	3,48	-	100
18	7,7	10,0	21.10 ⁹	30	3,48	12.10 ³	99,99
16	7,5	3,8	80.10 ⁸	30	3,49	14.10 ⁴	99,99
17	7,4	4,7	76.10 ⁸	30	3,50	12.10 ³	99,99
18	7,7	10,0	21.10 ⁹	40	3,82	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁹	40	7,15	-	100
18	7,7	10,0	21.10 ⁹	50	4,24	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁸	50	8,21	-	100
18	7,7	10,0	21.10 ⁹	60	3,75	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁹	60	8,63	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁹	70	9,41	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁹	80	10,76	-	100
18	7,3	7,5	73.10 ⁹	120	6,79	-	100

Tabelle 5

Ergebnisse der Chlordesinfektion in künstlich mit Brucellen
infiziertem Abwasser

Tempe- ratur in °C	pH- Wert	fest Bestand- teile in g/l	Anfangs- keimgeh. pro ml	Chlor- konzentration in mg/l	Rest- chlor- gehalt in mg/l	Rest- keim- gehalt pro ml	Keim- abfall in %
19	7,6	1,40	$16 \cdot 10^9$	10	3,21	-	100
20	7,5	2,80	$87 \cdot 10^8$	10	3,32	-	100
21	7,5	6,4	Rasenw.	20	2,87	-	100
18	7,4	5,76	$11 \cdot 10^9$	20	2,96	-	100
18	7,6	4,89	$98 \cdot 10^8$	20	3,08	-	100
17	7,7	10,5	Rasenw.	30	2,12	-	100
18	7,4	3,2	Rasenw.	30	2,54	-	100
19	7,5	6,10	$12 \cdot 10^9$	30	2,76	-	100
20	7,5	10,25	Rasenw.	30	2,81	-	100
20	7,6	8,70	$17 \cdot 10^9$	30	2,96	-	100
19	7,6	11,23	Rasenw.	30	3,12	-	100
16	7,4	3,95	$24 \cdot 10^9$	30	3,53	-	100
19	7,6	4,23	$97 \cdot 10^8$	30	3,54	-	100
17	7,4	2,65	$90 \cdot 10^8$	30	3,65	-	100
20	7,6	2,53	Rasenw.	30	3,80	-	100

Tabelle 6

Ergebnisse der Chlordesinfektion in künstlich mit Rotlauf-
bakterien infiziertem Abwasser

Tempe- ratur in °C	pH- Wert	festе Bestand- teile in g/l	Anfangs- keimgeh. pro ml	Chlor- konzen- tration in mg/l	Rest- chlor- gehalt in mg/l	Rest- keim- gehalt pro ml	Keim- abfall in %
18	7,7	2,41	99.10 ⁸	10	2,81	-	100
19	7,5	8,50	Rasenw.	10	2,97	-	100
20	7,5	9,76	Rasenw.	10	3,12	-	100
17	7,4	11,40	49.10 ⁸	20	2,87	-	100
20	7,3	1,89	97.10 ⁸	20	2,98	-	100
19	7,6	5,40	82.10 ⁸	20	3,01	-	100
17	7,7	10,5	Rasenw.	30	2,34	-	100
19	7,5	4,35	Rasenw.	30	2,98	-	100
20	7,6	9,9	35.10 ⁸	30	3,02	-	100
16	7,4	1,03	76.10 ⁸	30	3,56	-	100
18	7,3	2,12	12.10 ⁸	30	3,57	-	100
21	7,6	7,60	60.10 ⁸	30	3,89	-	100
20	7,5	7,60	Rasenw.	30	3,75	-	100
18	7,6	3,50	63.10 ⁸	30	4,07	-	100

Tabelle 7

Ergebnisse der Chlordesinfektion in künstlich mit Listerien
infiziertem Abwasser

Tempe- ratur in °C	pH- Wert	feste Bestand- teile in g/l	Anfangs- keimgeh. pro ml	Chlor- konzentration in mg/l	Rest- chlor- gehalt in mg/l	Rest- keim- gehalt pro ml	Keim- abfall in %
19	7,3	1,4	$63 \cdot 10^8$	10	2,73	$30 \cdot 10^3$	99,99
16	7,5	3,8	$87 \cdot 10^8$	10	2,86	-	100
20	7,6	12,8	$88 \cdot 10^8$	10	3,43	$10 \cdot 10^3$	99,99
17	7,4	4,7	$49 \cdot 10^8$	20	3,06	-	100
19	7,5	9,67	Rasenw.	20	2,26	-	100
19	7,5	9,67	$21 \cdot 10^8$	20	2,26	-	100
18	7,7	2,05	$39 \cdot 10^8$	30	2,34	-	100
16	7,5	6,20	$30 \cdot 10^8$	30	2,63	$20 \cdot 10^3$	99,99
20	7,6	8,30	$10 \cdot 10^9$	30	2,73	-	100
18	7,6	8,40	$12 \cdot 10^9$	30	2,88	-	100
10	7,4	4,10	$26 \cdot 10^8$	30	2,89	-	100
15	7,6	1,42	$32 \cdot 10^8$	30	3,01	-	100
18	7,3	2,44	$20 \cdot 10^8$	30	3,41	-	100

Literaturverzeichnis

1. ADAMY, L.: Hat sich die Verordnung zum Schutze gegen die Gefahren der Einschleppung von Salmonellen durch Futtermittel tierischer Herkunft aus dem Ausland vom 14. Februar 1958 (Hamburgisches Gesetz- und Verordnungsblatt 1958, S. 27) bewährt?
Vet.med.Diss. Gießen 1964
2. AMMON, F. v.: Grundlagen der Abwasserdesinfektion mit Chlor und die Folgerungen sowie Richtlinien für Krankenhausabwässer
in Liebmann (22)
3. BEARDLEY, C.W.: Desinfection by subresidual Chlorination
Sew. and Ind.Wastes 22, 1004-1016 (1950)
4. BERGMANN, G. u. GÖTZE, U.: Beitrag zum Vorkommen von Salmonellen in Schlachthofabwässern und zur Frage einer Behandlung des Abwassers vor seiner Ableitung aus dem Schlachthof
Fleischwirtschaft 45, 626-631 (1965)
5. BRAUN, R.: Beseitigung flüssiger und fester Abfälle aus Metzgereien und Schlachthöfen (inkl. Kadaververnichtung)
Schweiz.Arch.Tierhk. 106, 400-409 (1964)
6. DEDIE, K.: Tierseuchenerreger im Abwasser Städtehyg. 6, 177-180 (1955)
7. DENNLER, E., PÜSCHNER, I. u. KRAUS, H.: Die Quellendesinfektion, eine Möglichkeit der Abwasserbehandlung in Schlacht- und Viehhöfen
Fleischwirtschaft 42, 289-296 (1962)
8. DRAWER, K.: Abwasseruntersuchungen über das Vorkommen von Salmonellen im Schlacht- und Viehhof der Stadt Mühlheim a.d. Ruhr
Berl.Münch.Tierärztl.Wschr. 78, 293-295 (1965)

9. EYER, H.: Hygienische Probleme bei der Beseitigung von Krankenhausabwässern in Liebmann (22)
10. FLIR, K.: Untersuchungen über die Möglichkeit der Infektion gesunder Schlachtschweine mit Bakterien der Salmonellagruppe während des Schlachtvorganges
Arch.Lebensmittelhyg. 16,175-176 (1965)
11. GÖTZE, U. u. RETZLAFF, N.: Vorkommen von Salmonellen bei importierten Schlachtschweinen und die Folgen für die Fleisch- und Lebensmittelhygiene sowie für den innergemeinschaftlichen Handelsverkehr mit Vieh und Fleisch im Rahmen der EWG
Fleischwirtschaft 46,407-410(1966)
12. GUINEE, P., KAMPELMACHER, E., KEULEN, A. van u. HOFSTRA, K.: Salmonellae in healthy cows and calves in the Netherlands
Zbl.Vet.Med., Reihe B, 11, 728-740 (1964)
13. HADLOK, R.: Zum Salmonellenproblem im Rahmen der Schlachthygiene
Fleischwirtschaft 45,215-217(1965)
14. HADLOK, R.: Die lebensmittelhygienische und ernährungswirtschaftliche Bedeutung des Vorkommens von Salmonellen bei gesunden Schlachtschweinen
Gießen 1966
15. HAHNFELDT, K.: Abwasseruntersuchungen in den Lübecker Schlachthöfen
Vet.med.Diss. Berlin 1957
16. HALLMANN, L.: Mikrobiologie und Serologie
Verlag Georg Thieme, Stuttgart 1961
17. HEICKEN, K.: Über die Desinfektion infektiöser Abwässer
Zbl.Bakt.-Abt.I Orig. 165, 156-197 (1956)
18. HOLLUTA, J.: Wissenschaftliche Grundlagen der Chlorung
GWf Wasser-Abwasser 90,218-224 (1949)

19. HUSMANN, W.: Praxis der Abwasserreinigung
Springer-Verlag, Berlin - Göttingen-
Heidelberg - New York 1964,
2. Aufl.
20. IMHOFF, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung
Verlag R. Oldenbourg, München 1960
21. KEEFER, C.E.: Sewage Treatment Works
New York 1940
22. LIEBMANN, H.: Die Reinigung von Abwässern aus
Schlachthöfen und Krankenhäusern
Verlag R. Oldenbourg, München 1961
23. LÜSSEM, H.: Einfluß der Schlachtabwässer auf
kleinere und mittlere Vorfluter
in Liebmann (22)
24. METZGER, E.: Die Abwassererhitzung in der
Lymphgewinnungsstation des
Augsburger Schlachthofes
in Liebmann (22)
25. MEYN, A.: Veterinär-Hygienische Probleme
bei der Beseitigung von Schlacht-
hofabwässern
in Liebmann (22)
26. MÜLLER, G.: Werden Keime der Salmonellen-
Gruppe durch künstliche Abwasser-
reinigungsanlagen aus dem Abwasser
entfernt ?
Städtehyg. 6, 106-109 (1955)
27. MÜLLER, G.: Tuberkelbakterien im Schlamm
mechanisch-biologisch arbeitender
Kläranlagen
Städtehyg. 10, 96-97 (1959)
28. NUSSHAG, W.: Hygiene der Haustiere
Verlag S. Hirzel, Leipzig 1954
29. OBERHAUSER, M.: Abwasseruntersuchungen im Schlacht-
hof in Memmingen
Vet.med.Diss. München 1954
30. OSTERTAG, R. v., Die Tierkörperbeseitigung
MOEGLE, E. u. Verlag Paul Parey, Berlin 1958
BRAUN, S.:

31. POLLACH, W.: Untersuchung von Abwässern der Wiener Schlachthofanlage auf Salmonellen
Wien.tierärztl.Mschr. 51, 161-164 (1964)
32. POPP, L.: Bakteriologische Studien über die Chlorwirkung bei der Abwasserentkeimung
GWf Wasser - Abwasser 25, 100-106 (1954)
33. POPP, L.: Experimentelle Studien zur Abwasserchlorung
GWf Wasser - Abwasser 29, 73-77 (1958)
34. RASENACK, O. u. HORNUNG, H.: Bau, Einrichtung und Betrieb von Schlacht- und Viehhöfen
Brücke-Verlag Kurt Schmiersow, Hannover 1960
35. ROOTS, E., HAUPT, H. u. HARTWIG, H.: Veterinär-Hygiene
Verlag Paul Parey, Berlin 1955
36. ROSSBERG, H.: Technische Fragen der Schlachthofabwasserbeseitigung
Schlacht-u.Viehhof-Ztg. 60, 185-188 (1960)
37. SAWYER, C.N.: Hypochlorination of sewage
Sew. and Ind.Wastes 29, 978-986 (1957)
38. SCHAAL, E.: Schlachthofabwasser - ein reichhaltiges Salmonellenreservoir
Tierärztl.Umschau 13, 355-359 (1958)
39. SCHAAL, E.: Schlachthofabwasser und ihre hygienische Bedeutung
Berl.Münch.Tierärztl.Wschr. 72, 66-70 (1959)
40. SCHAAL, E.: Das hygienische Problem der Schlachthofabwässer
Schlacht-u.Viehhof-Ztg. 60, 109-114 (1960)
41. SCHAAL, E.: Experimentelle Studien und Betrachtungen zur Verhinderung einer Verbreitung von Tierseuchenerregern durch Schlachthofabwässer
Fleischwirtschaft 40, 13-17 (1960)

42. SCHAAL, E.: Die Biologie der Salmonellen im eiweißhaltigen Abwasser
Vortrag, VI. Arbeitstagung des Arbeitsausschusses "Lebensmittelhygiene" der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft vom 4.-6.10.1960 in Bad Godesberg
43. SCHAAL, E.: Persönliche Mitteilung
44. SCHMIDT, B. u.
LENK, V.: Der Nachweis von Salmonellen im Abwasser als möglicher Maßstab für die Seuchelage einer Bevölkerung
Zbl.Bakt.-Abt.I Orig.
178, 459-483 (1960)
45. SCHRAML, O.: Vergleichende Betrachtung über Anfall und Beseitigung fester und flüssiger Abfallstoffe in den Schlachthöfen Bayerns
in Liebmann (22)
46. SCHULZ, W.: Kostenfrage der hygienischen Abwasserbehandlung
Städtehyg. 8, 135-138 (1957)
47. SOER, H.: Über das Vorkommen von Salmonellen auf Schlachtschweinen, im Kot, im Brühwasser und in den Schlachträumen
Vet.med.Diss. Hannover 1963
48. STEINIGER, F.: Paratyphus-B-Bakterien im Nordseewasser
Zbl.Bakt.-Abt.I Orig.
157, 52-56 (1951)
49. STRAUCH, D.: Probleme der Abwasser-Hygiene auf Schlacht- und Viehhöfen
Schlacht-u.Viehhof-Ztg.
64, 103-108 (1964)
50. STRAUCH, D.: Die Abwasserbeseitigung aus tierärztlicher Sicht
Dtsch.Tierärztl.Wschr.
71, 386-390 (1964)
51. THELOE, G.: Die Gefahr der Wasserverseuchung durch Abwässer fleischverarbeitender Betriebe
Mh.Vet.-Med. 20, 847-851 (1965)

52. TSCHÖNHENS, B.: Abwasserbehandlung in Tbc-Krankenhäusern, beschrieben am Beispiel des Tbc-Sanatoriums Gauting bei München
in Liebmann (22)
53. VALETTE, H.: Zusammenstellung über Salmonellenfunde im Abwasser und bei klinisch gesunden Schweinen im Einzugsgebiet der Stadt Genf
Vet.med. Diss. Bern 1961
54. VIEHL, K.: Über die Chlorung von städtischem Abwasser
Gesd.-Ing. 72, 295-299 (1951)
55. WAGEMANN, H.: Die Behandlung des Abwassers in Schlachthöfen und fleischverarbeitenden Betrieben
Fleischwirtschaft 35, 580-583(1955)
56. WAGEMANN, H.: Aktuelle Schlachthofabwasserfragen
Fleischwirtschaft 39, 563-564(1959)
57. WAGEMANN, H. u. KELLER, H.: Lehrbuch der Schlachthofkunde
Verlag Paul Parey, Berlin 1958
58. WAGEMANN, H. u. SCHAAL, E.: Untersuchungen über das Vorkommen von Tierseuchenerregern in Abwässern eines Schlacht- und Viehhofes
Städtehyg. 10, 233-236 (1959)
59. WAGENER, K., MITSCHERLICH, E. u. REUSS, U.: Nachweis von Tuberkelbakterien im Abwasser von Tuberkuloseheilstätten
Gesd.-Ing. 74, 154-156 (1953)
60. WEBER, W.: Der Einfluß von Schlachthofabwässern auf die Gestaltung städtischer Entwässerungsnetze und Sammelkläranlagen
Verlag R. Oldenbourg, München 1964
61. WEBER, W.: Menge und Beschaffenheit von Schlachthofabwässern
Schlacht-u.Viehhof-Ztg. 65, 478-480 (1965)
62. WÜLFING, Th.: Untersuchungen über das Vorkommen von Salmonellen im Abwasser des Koblenzer Schlachthofes
Vet.med. Diss. Gießen 1960

63. WYKOFF, H.A.: Coliform Death Rates Resulting
from Chlorination of Raw Sewage
J.Sew.Works 21,484-485(1949)
64. -- Gesetz zur Ordnung des Wasser-
haushaltes vom 27. Juli 1957,
BGBI. I S. 1110
65. -- Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung
übertragbarer Krankheiten beim
Menschen (Bundesseuchengesetz)
vom 18. Juli 1961, BGBI. I S.1012
66. -- Hinweise für das Ableiten von
Schlachthofabwasser in ein öffent-
liches Kanalnetz
Sonderdruck der Abwassertechni-
schen Vereinigung e.V. Bonn vom
27. 2. 63
67. -- Viehseuchengesetz vom 26. Juni 1909,
RGBI. S. 519

Herrn Prof. Dr. G. Bergmann möchte ich
für die Überlassung des Themas und für die
mir jederzeit zuteil gewordene Hilfe meinen
ganz besonderen Dank aussprechen.

Ebenso möchte ich Herrn Ltd. Veterinärdirektor
Dr. Fr. Rosteck danken, daß ich in seinem
Laboratorium am Schlachthof Köln die
Untersuchungen durchführen durfte.

Lebenslauf

Am 13. Oktober 1918 wurde ich, Bernhard R e h b e i n, in Leipzig als Sohn des Oberlehrers Bernhard Rehbein und seiner Ehefrau Maria, geb. Multhauf, geboren.

Von 1925 bis 1929 besuchte ich die Volksschule und ab 1929 das Schiller-Realgymnasium in Leipzig, wo ich 1938 meine Reifeprüfung bestand.

Anschließend war ich bis zu meiner Verwundung 1941 bei der Wehrmacht und begann als Studienurlauber im Wintersemester 1941/42 mein veterinärmedizinisches Studium an der Leipziger Universität. Vom Sommersemester 1942 bis zum Wintersemester 1944/45 setzte ich mein Studium als Angehöriger der Lehrgruppe II der Heeres-Veterinärakademie an der Universität Berlin fort. Mein Staatsexamen legte ich im April 1945 vor dem Prüfungsausschuß der Universität Leipzig ab.

Nach meiner Entlassung aus der Gefangenschaft absolvierte ich bei Herrn Tierarzt Franz Bennewitz in Wickrath/Niers meine Praktikantenzeit und blieb bei ihm bis 1951 als Assistent. Am 22. Juli 1947 erhielt ich meine Bestallung als Tierarzt. Von 1951 bis 1964 führte ich in Mönchengladbach-Rheindahlen eine selbständige Praxis. Seit Juni 1964 bin ich Angestellter am Schlachthof der Stadt Rheydt.

